Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Vermessungswesen und Kulturtechnik = Revue technique suisse des mensurations et améliorations foncières

Herausgeber: Schweizerischer Geometerverein = Association suisse des géomètres

Band: 33 (1935)

Heft: 3

Artikel: Der Doppelbild-Reduktionsdistanzmesser Barot-Wild für senkrechte Latte

Autor: Berchtold, E.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-195304

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

de report sont utilisés plus rationnellement et que le nombre des points levés et reporté directement étant plus élevé, la rapidité du report et son exactitude est augmentée.

Réduction du nombre des stations.

En ce qui concerne le travail de terrain, la possibilité d'atteindre directement des points à lever par dessus des murs par exemple permet de réduire le nombre de points auxiliaires de stationnement surtout si le porte mire ne redoute pas d'utiliser éventuellement une échelle pour signaler des angles de bâtiments souvent à quelques mètres au dessus du sol.

Quant à la précision de la détermination des longueurs, elle est identique à celle d'une bonne mensuration au ruban d'acier. Une série de lectures effectuées par Mr. *Härry*, Vérificateur fédéral des mensurations cadastrales, a donné 2 cm pour le plus grand écart avec la longueur exacte, de sorte que l'utilisation de la mire à main a été autorisée pour les mensurations du Registre Foncier.

Correction des directions.

En terminant, signalons que, toujours pour gagner du temps, la correction des directions déplacées se trouve par une simple lecture sur l'abaque de correction (voir fig. 10) que l'on colle à l'intérieur de la couverture du carnet de campagne.

Il est à souhaiter que l'utilisation de la mire à main devienne générale afin d'augmenter la rentabilité du procédé de lever par la double image. *Maurice Delessert*, Ingénieur, Géom. off.

Der Doppelbild-Reduktionsdistanzmesser Barot-Wild für senkrechte Latte.

Von *E. Berchtold.*

Die in den letzten Jahren entwickelten Doppelbild-Distanzmesser benützen meist eine horizontale, am Ziel aufzustellende Meßlatte. Tatsächlich ist die horizontale Latte, was die Genauigkeit anbelangt, vorteilhafter als die senkrechte, weil die Wahrscheinlichkeit einer Verfälschung durch Differentialrefraktion geringer ist und weil bei geneigten Zielungen eine ungenaue Lattenaufstellung weniger schädlich wirkt.

Indessen hat bei der praktischen Vermessung die senkrechte Latte wegen der Einfachheit ihrer Handhabung doch viele Vorteile und durch die Verwendung des Doppelbildes ist gegenüber den heute bekannten Reduktionsdistanzmessern für senkrechte Latte eine Steigerung der Genauigkeit zu erwarten.

Wird der parallaktische Winkel symmetrisch zur Fernrohrachse

angeordnet, so muß er bei geneigter Zielung proportional dem Cosinusquadrat der Fernrohrneigung verkleinert werden, damit die Lattenablesung direkt die horizontale Entfernung gibt. Die Erzielung dieser Reduktion des parallaktischen Winkels bietet keine besonderen Schwierigkeiten, doch ist es für die Belastung des Instrumentes erschwerend, daß die Reduktionsvorrichtung die *beiden* Schenkel des parallaktischen Winkels steuern muß. Dies würde zu einer Konstruktion führen, die kaum als Zusatzgerät zu einem Theodoliten in Betracht käme, sondern den Bau eines Spezialinstrumentes bedingen würde.

Günstiger wird die praktische Ausführung, wenn der parallaktische Winkel nicht symmetrisch zur Fernrohrachse liegt, sondern der eine Schenkel mit der Achse zusammenfällt. Doch genügt es dann nicht, den parallaktischen Winkel proportional zum Cosinusquadrat der Neigung der Fernrohrachse zu reduzieren, wie aus nachstehender Ableitung hervorgeht:

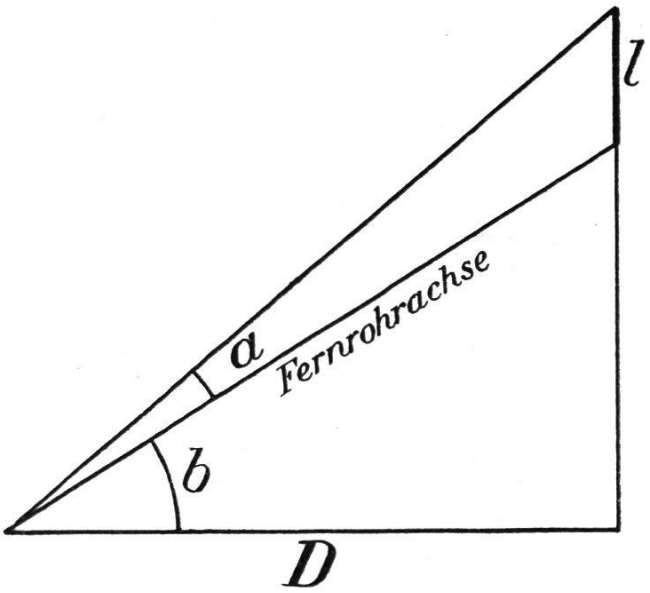

Abb. 1.

$$l = D \cdot \operatorname{tg}(b + a) - D \operatorname{tg} b$$

$$\frac{l}{D} = \operatorname{tg}(b + a) - \operatorname{tg} b$$

$\frac{l}{D}$ ist aber gleich dem parallaktischen Winkel a_0 bei horizontaler Zielung und wird bei der zu beschreibenden Konstruktion zu $\frac{1}{100}$ angenommen, entsprechend einer Multiplikationskonstanten 100.

$$\operatorname{tg}(b + a) - \operatorname{tg} b = a_0$$

$$\frac{\operatorname{tg} b + \operatorname{tg} a}{1 - \operatorname{tg} b \operatorname{tg} a} - \operatorname{tg} b = a_0$$

$$\operatorname{tg} b + \operatorname{tg} a - \operatorname{tg} b + \operatorname{tg}^2 b \operatorname{tg} a + a_0 \operatorname{tg} b \operatorname{tg} a = a_0$$

$$\operatorname{tg} a \,(1 + \operatorname{tg}^2 b + a_0 \operatorname{tg} b) = a_0$$

$$\operatorname{tg} a = \frac{a_0}{\dfrac{1}{\cos^2 b} + a_0 \dfrac{\sin b}{\cos b}}$$

$$\operatorname{tg} a = \frac{a_0 \cos^2 b}{1 + a_0 \sin b \cos b}$$

$$a = \frac{a_0 \cos^2 b}{1 + a_0 \sin b \cos b}$$

Wegen der Kleinheit von a kann man die Tangente durch den Bogen ersetzen. Da das zweite Glied des Nenners kleiner als 1 ist, kann man den Ausdruck in eine unendliche Reihe entwickeln:

$$a = a_0 \cos^2 b \left\{1 - a_0 \sin b \cos b + a_0^2 \sin^2 b \cos^2 b - \ldots\ldots\right\}$$

$$\underline{a = a_0 \cos^2 b - a_0^2 \sin b \cos^3 b + \ldots}$$

Die Glieder höherer Ordnung sind zu vernachlässigen weil a_0^3 nur noch $\frac{1}{10\,000}$ von a_0 und zudem sein Faktor im Maximum 0,15 ist. Der dadurch begangene Fehler ist also maximal 1,5 mm auf 100 m Entfernung.

Für die mechanische Steuerung sind die Potenzen von sin und cos unbequem. Wir können schreiben:

$$\cos^2 b = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos 2\,b$$

$$\begin{aligned}
\sin b \cos^3 b &= \sin b \cos b \cdot \cos^2 b \\
&= \frac{1}{2} \sin 2b \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos 2b\right) \\
&= \frac{1}{4} \sin 2b + \frac{1}{4} \sin 2b \cos 2b \\
&= \frac{1}{4} \sin 2b + \frac{1}{8} \sin 4b
\end{aligned}$$

$$\underline{a = \frac{a_0}{2} + \frac{a_0}{2} \cos 2b - \frac{a_0^2}{4} \sin 2b - \frac{a_0^2}{8} \sin 4b + \ldots}$$

Wenn man auf optischem Wege diesen Winkel a erzeugen wollte, so wäre eine Hälfte des Fernrohrobjektives frei zu lassen und vor der anderen Hälfte müßte man folgende Ablenkmittel anbringen:

1. Glied: Ein reflektierendes oder brechendes Prisma, das in der Vertikalebene der Fernrohrachse oder parallel dazu einen konstanten Winkel $\frac{a_0}{2}$ erzeugt.

2. Glied: Zwei achromatische Drehkeile vom Ablenkungswinkel $\frac{a_0}{4}$, deren Hauptschnitte bei horizontalem Fernrohr senkrecht stehen und gleichgerichtet sind und die sich beim Neigen des Fernrohres um den doppelten Neigungswinkel in einander entgegengesetzter Richtung drehen.

3. Glied: Zwei achromatische Drehkeile vom Ablenkungswinkel $\frac{a_0^2}{8}$, deren Hauptschnitte bei horizontalem Fernrohr horizontal stehen aber entgegengesetzt gerichtet sind und die sich beim Neigen des Fernrohrs gleich drehen wie die Keile unter 2.

4. Glied: Zwei achromatische Drehkeile vom Ablenkungswinkel $\frac{a_0^2}{16}$, deren Hauptschnitte bei horizontalem Fernrohr horizontal stehen und entgegengesetzt gerichtet sind und die sich beim Neigen des Fernrohres um den vierfachen Neigungswinkel in einander entgegengesetzter Richtung drehen.

Bei den Gliedern 3 und 4 ist außerdem die Ausgangsstellung so zu wählen, daß sie beim Neigen des Fernrohres den Keilen von 2 entgegenwirken.

In dieser Ausführungsform wäre gegenüber der symmetrischen Anordnung des Parallaktischen Winkels nichts gewonnen. Man erkennt jedoch leicht, daß die Keile 2 und 3 kombiniert werden können, da sie gleich schnell und bei entsprechender Anordnung auch im gleichen Sinne drehen. Man kann sogar direkt je einen Keil von 2 und von 3 durch einen resultierenden Prismenkeil ersetzen.

Unbequem wird das vierte Glied. Es darf nicht vernachlässigt werden, da sein Betrag bei 25° Neigung ein Maximum von 15 cm der Entfernung von 100 m erreicht.

Man erkennt zwar, daß durch Beobachten in beiden Fernrohrlagen der Einfluß des 3. und 4. Gliedes kompensiert wird, weil dann das Vorzeichen von b und damit von $\sin 2b$ und $\sin 4b$ wechselt. Doch wäre es unbequem, wenn man stets in beiden Fernrohrlagen beobachten müßte. Diese Forderung wäre nur für Ausnahmefälle, z. B. für Neigungen von über 25° zulässig.

Nun ist es aber möglich, das dritte und vierte Glied derart zu kombinieren, daß man statt des Winkels $\frac{a_0^2}{4}$ einen etwas anderen Wert einführt, so daß dafür das vierte Glied wegfallen kann.

Setzt man $a_0 = \frac{1}{100} = 34' 22''.6$ (Multiplikationskonstante 100), so erhält man für das *dritte und vierte Glied zusammen* die aus nachfolgender Tabelle ersichtlichen Werte n in Sexagesimal-Sekunden:

$b =$	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°
$n =$	1″.7770	3.4209	4.8111	5.8538	6.4891	6.6984	6.5029	5.9600
$\frac{n}{\sin 2b}$	10.24	10.00	9.62	9.11	8.47	7.73	6.92	6.05

$b =$	45°
$n =$	5.1566
$\frac{n}{\sin 2b}$	5.16

Die Werte für $\frac{n}{\sin 2b}$ sind offenbar diejenigen Größen, die mit $\sin 2b$ (d. h. dem Faktor des dritten Gliedes) multipliziert die richtigen Winkel n ergeben. Statt der verschiedenen Größen von $\frac{n}{\sin 2b}$ soll nun ein Mittelwert eingesetzt werden, so daß die Summe der Quadrate der dabei für die verschiedenen Neigungen auftretenden Fehler von n ein Minimum wird. Dabei wird man sich aber auf die meist vorkommenden Neigungen bis etwa 25° beschränken.

Wird der gesuchte Mittelwert für $\frac{n}{\sin 2b}$ mit x bezeichnet, so entstehen Fehlergleichungen von der Form

$$v = x \cdot \sin 2b - n$$

Somit erhält man

$$\begin{aligned}
0.1736\, x - 1.7770 - v_1 &= 0 \\
0.3420\, x - 3.4209 - v_2 &= 0 \\
0.5000\, x - 4.8111 - v_3 &= 0 \\
0.6428\, x - 5.8538 - v_4 &= 0 \\
0.7660\, x - 6.4891 - v_5 &= 0
\end{aligned}$$

Daraus erhält man die einzige Normalgleichung

$$1.3970\, x - 12.6174 = 0$$

$$\underline{x = 9''.0315}$$

Die für die verschiedenen Neigungen auftretenden Winkelfehler, auch für Neigungen außerhalb des Bereiches der Ausgleichung, sind folgende:

						$\cos^2 b$	$\frac{v}{\cos^2 b}$
$b =$ 5°	v_1	= 1.5679	— 1.7770	=	—0″.2091	0.9924	—0″.211
10	v_2	= 3.0888	— 3.4209	=	—0.3321	0.9698	—0.343
15	v_3	= 4.5157	— 4.8111	=	—0.2954	0.9330	—0.317
20	v_4	= 5.8054	— 5.8538	=	—0.0484	0.8830	—0.055
25	v_5	= 6.9181	— 6.4891	=	+0.4290	0.8214	+0.522
30	v_6	= 7.8213	— 6.6984	=	+1.1229	0.7500	+1.497
35	v_7	= 8.4688	— 6.5029	=	+1.9659	0.6711	+2.929
40	v_8	= 8.8942	— 5.9600	=	+2.9342	0.5868	+5.000
45	v_0	= 9.0315	— 5.1566	=	+3.8749	0.5000	+7.750

Der Winkel v ändert den Lattenabschnitt l um $D \cdot \frac{v}{\cos^2 b}$. Für die Konstante 100 wird der *Distanzfehler* $e = 100 \times$ Lattenfehler: $e = 100 \cdot 100 \cdot \frac{v}{\cos^2 b}$, e in Metern.

Damit wird		Neigung b
e_1	= — 1.0 cm auf 100 m, bei	5°
e_2	= — 1.7	10°
e_3	= — 1.5	15°
e_4	= — 0.3	20°
e_5	= + 2.5	25°
e_6	= + 7.3	30°
e_7	= +14.2	35°
e_8	= +24.2	40°
e_9	= +37.6	45°

Daraus ersieht man, daß bis zu 25° Neigung der Fehler auf 100 m 2,5 cm nicht übersteigt, bei stärkeren Neigungen jedoch für genaue Messungen nicht zu vernachlässigen ist. Man muß alsdann in beiden Fernrohrlagen messen, wodurch das Vorzeichen von e wechselt und die Mittelbildung den Fehler eliminiert.

Dadurch wurde nun erreicht, daß das vierte Glied mit dem Koeffizienten sin $4b$ wegfallen kann. Dafür ist aber im dritten Glied der Winkel 9″.03 zu setzen statt $\frac{\rho''}{40\,000} = 5''.16$.

Diesen Winkel kann man nun, wie schon bemerkt, mit dem Winkel des zweiten Gliedes kombinieren.

Das zweite Glied setzt sich ursprünglich zusammen aus zwei im entgegengesetzten Sinn drehenden Keilen vom Ablenkungswinkel von je $\frac{1}{400}$, d. h. 8′ 35″.66. In der Ausgangsstellung steht der Keilwinkel senkrecht, Scheitel bei beiden Keilen auf der gleichen Seite.

Dazu kommen nun zwei weitere, ebenfalls in entgegengesetztem Sinn drehende Keile vom Ablenkungswinkel von je 4″.52, deren Keilwinkel in der Ausgangsstellung wagrecht aber entgegengesetzt gerichtet liegen. Kombiniert man nun je einen Keil des einen Paares mit einem gleich drehenden Keil des andern Paares, so erhält man folgende Beziehungen:

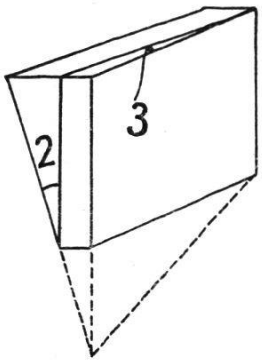

Abb. 2.

2 und 3 sind die Brechungswinkel der zu kombinierenden Keile.

Aus dem kleinen rechtwinkligen sphärischen Dreieck erhält man

$$\cos \pi = \sin (90^\circ - 2) \cos 3$$

$$\cos \pi = \cos 2 \cdot \cos 3$$

$$\underline{\operatorname{tg} d = \operatorname{cotg} 2 \cdot \sin 3}$$

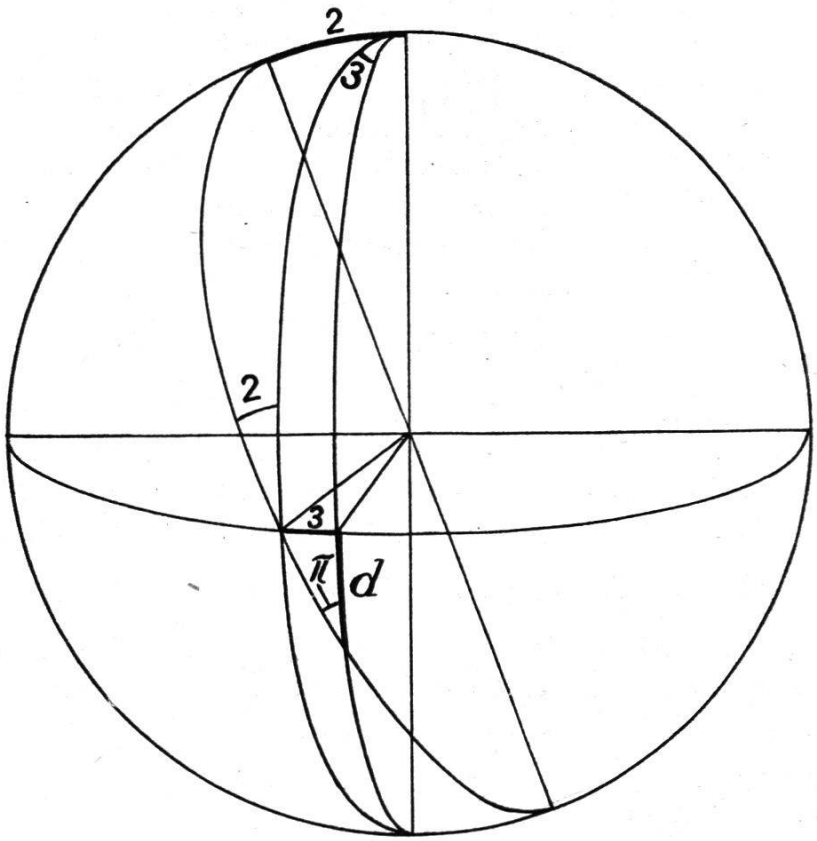

Abb. 3.

Die Kombination der Keile 2 und 3 liefert einen neuen Keil vom Brechungswinkel π, der in der Ausgangsstellung um den Winkel d von der Vertikalen abweicht. Nun ist aber 3 ein sehr kleiner Winkel und daher sein Cosinus praktisch gleich 1. Deshalb wird der Winkel π praktisch gleich groß wie der Winkel 2, d. h. der Prismenwinkel von 2 wird durch die Kombination mit 3 nicht verändert, nur die Ausgangsstellung erfährt eine Aenderung:

$$\operatorname{tg} d = \operatorname{ctg} 8' \, 35''.66 \cdot \sin 4''.52$$

$$d = 400 \times 4.516 = 1806''.4 = 30' \, 6''.4$$

$$\underline{d = 30' \, 6''.4}$$

Diese Keildrehung wird aber auch erzeugt bei einer Fernrohrneigung von 15′ 3″. 2. Bringt man das Fernrohr in die Neigung —15′ 3″. 2 so sind die Keile in Normalstellung, d. h. die Hauptschnitte stehen lotrecht. Dieser Umstand kann zur bequemen Ermittlung der richtigen Keillage benützt werden. Auch erkennt man, daß man durch Aenderung der Ausgangslage der Drehkeile den der Ausgleichung von Seite 7 zugrunde liegenden Bereich nach Belieben vermindern oder erweitern kann. Man braucht bloß im neu gewählten Bereich den Neigungswinkel zu berechnen, für welchen der Fehler Null wird, dann Instrument und Latte so aufzustellen, daß dieser Neigungswinkel entsteht und

die Stellung des festen Zahnkranzes derart zu justieren, daß man in beiden Fernrohrlagen dieselbe Ablesung erhält.

Die vorliegenden Ableitungen lassen erkennen, daß statt der ursprünglich 4 optischen Glieder nur 2 nötig sind und daß die näherungsweise Berücksichtigung der wegfallenden 2 Glieder durch einfache Justierung erfolgen kann. Tatsächlich erzielt man durch diese Anordnung des unsymmetrischen parallaktischen Winkels eine bedeutend einfachere Einrichtung als es beim symmetrischen Winkel möglich wäre und hat zudem den Vorteil bequemerer Winkelmessung mit dem nicht abgelenkten Bild.

Weil die Drehkeile kreisrund sein müssen und den Durchmesser des Objektivs haben, muß man vor die Hälfte des Objektivs ein Prisma vorsetzen, welches den Strahlengang seitlich versetzt. Das Prisma könnte als Parallelepiped ausgebildet werden. Vor dem Prisma wäre ein erstes Ablenkmittel anzubringen, das eine Brechung von $\frac{a_0}{2}$, also von 17′ 11″. 3 bewirkt. Statt dessen kann man aber diesen konstanten Winkel schon durch das erste Prisma erzeugen, so daß dieses außer der seitlichen Versetzung auch noch eine Ablenkung in einer Vetikalebene bewirkt.

Das ergibt an optischen Mitteln:

1 Prisma für die seitliche Versetzung des Strahlenganges und Erzeugung des festen senkrecht gerichteten Ablenkungswinkels von +17′ 11″. 3;

2 achromatische Drehprismen, jedes vom Ablenkungswinkel 8′ 35″. 7, die sich in entgegengesetztem Sinn je um den doppelten Kippungswinkel des Fernrohrs drehen und deren Hauptschnitte bei der Fernrohrneigung —15′ 3″. 2 senkrecht stehen, mit dem Scheitel unten.

Der Antrieb der Drehbewegungen für die Drehkeile geht von einem Zahnkranz aus, welcher mit der Höhenkreislibelle in fester Verbindung steht. Beim Kippen des Fernrohres rollt ein am Distanzmesserkörper drehbar befestigtes Zahnrad auf diesem Zahnkranz ab und bewirkt über weitere Zahnräder die erforderliche Drehung der Keile.

Durch die Aenderung des parallaktischen Winkels ändert auch die Stellung seines Scheitels, wodurch der Abstand zwischen Fernrohrkippachse und Scheitel, welcher zur Distanzablesung zuzufügen ist, veränderlich wird. Durch leichtes Drehen des dem Objektiv zuerst vorgesetzten Prismas um die Fernrohrachse kann man die Stellung des Scheitels verändern und durch eine Ausgleichung die Scheitellage ermitteln in welcher für beliebige Fernrohrneigungen die Horizontal-Projektion des Additionsgliedes möglichst konstant ist. Das trifft bei dem verwendeten Theodoliten zu für einen Scheitelabstand von 180 mm bei horizontaler Zielung, dessen Horizontalprojektion für Neigungen des Fernrohres von 0 bis 45° nur um 2,7 mm ändert. Somit ist das

Additionsglied praktisch unveränderlich und kann als Additionskonstante bei der Lattenteilung berücksichtigt werden.

Durch die seitliche Verschiebung des Strahlenganges und durch die kleine Drehung des ersten Prismas erscheinen im Fernrohr das direkte Bild und das abgelenkte Bild nicht genau in derselben Vertikalen. Für die Ablesung (beispielsweise mit einem Nonius) müssen sich die beiden Bilder aber unbedingt genau berühren. Eine Drehung des Distanzmesserkörpers kommt nicht in Frage, weil dadurch der Scheitel des parallaktischen Winkels verschoben und die Reduktion wegen Verdrehung der Zahnräder ungenau würde.

(Schluß folgt.)

Vortragskurs.

Die Sektion Zürich-Schaffhausen des Schweiz. Geometervereins führt in den Tagen des 12. und 13. April 1935 einen Vortragskurs über Gemeindeingenieuraufgaben durch, mit folgendem Programm:

Freitag, den 12. April.

10—12 Uhr: *Wasserversorgung;* allgemeine Gesichtspunkte über Wasserfassungen; Dimensionierung von Rohrleitungen; Wasserwirtschaftspläne und Ermittlung von Reservoirinhalten; Beispiele von in letzter Zeit ausgeführten Anlagen.
Referent: Dipl.-Ing. J. Hagen, Dozent a. d. E. T. H.

14—16 Uhr: *Bebauungs- und Quartierplan;* kurze Einführung mit Lichtbildern über Wege und Ziele der Landesplanung, Stadterweiterung, Bandstadt, Gartenstadt, Straßennetz, Sammeltangente; Bebauungs- und Quartierpläne anhand von Beispielen; Straßenquerschnitte; Bauordnungen; Expropriation; Schaffung von Hofanlagen und Freiflächen. Anschließend an den Vortrag eventuell Besprechung von Aufgaben und Anfragen von Kursteilnehmern. Die Anfragen sind bis Ende März dem Vortragenden zu übermitteln.
Referent: Arch. Hippenmeier, Chef des Bebauungsplanbureau der Stadt Zürich.

Samstag, den 13. April.

8—10 Uhr: *Entwässerung von Ortschaften;* verschiedene Methoden für die Ableitung des Abwassers; Bestimmung der Abwassermengen; Dimensionierung des Kanalnetzes; Applikatorisches Beispiel über die Ausgestaltung und Ausführung einer Entwässerungsanlage; Haus- und Grundstücksentwässerung.
Referent: Dipl.-Ing. Müller, Assistent für Kanalisation des Tiefbauamtes der Stadt Zürich.

10—12 Uhr: *Betriebsschwierigkeiten bei Hauskläranlagen, bei kleinen und mittelgroßen mechanischen und biologischen Kläranlagen und ihre Beseitigung;* Voruntersuchungen für Berechnung und Bau von Kläranlagen; Auswertung des gewonnenen Materials; verschiedene Systeme der mechanischen Kläranlagen und daraus sich ergebende Schwierigkeiten bei Sandfängen, Rechenanlagen, Absitzanlagen,